

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



EPO-BERLIN	
REC'D 15 AUG 2003 1 -07- 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 48 508.9

**Anmeldetag:** 11. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** Volkswagen Aktiengesellschaft,  
Wolfsburg/DE

**Bezeichnung:** Verbrennungsmotoranlage mit direkteinspritzendem  
Ottomotor und einem Katalysatorsystem

**Priorität:** 15. Juli 2002 DE 102 32 698.3

**IPC:** F 01 N 3/28

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 15. Juli 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag



## **Verbrennungsmotoranlage mit direkteinspritzendem Ottomotor und einem Katalysatorsystem**

Die Erfindung betrifft eine Verbrennungsmotoranlage mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen.

Zur Nachbehandlung von Abgasen von Verbrennungskraftmaschinen ist es allgemein üblich, das Abgas katalytisch zu reinigen. Dazu wird das Abgas über mindestens einen Katalysator geleitet, der eine Konvertierung einer oder mehrerer Schadstoffkomponenten des Abgases vornimmt. Es sind unterschiedliche Arten von Katalysatoren bekannt. Oxidationskatalysatoren fördern die Oxidation von unverbrannten Kohlenwasserstoffen (HC) und Kohlenmonoxid (CO), während Reduktionskatalysatoren eine Reduzierung von Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) des Abgases unterstützen. Ferner werden 3-Wege-Katalysatoren verwendet, um die Konvertierung der drei vorgenannten Komponenten (HC, CO,  $\text{NO}_x$ ) gleichzeitig zu katalysieren. Die Verwendung eines 3-Wege-Katalysators ist jedoch nur möglich, wenn ein streng stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis bei  $\lambda = 1$  vorliegt.

Bei Fahrzeugen mit direkteinspritzenden Ottomotoren, die auch geschichtet betrieben werden können, werden vergleichsweise großvolumige Katalysatorsysteme mit einem Katalysatorvolumen  $KV > 0,9 \times \text{Motorhubvolumen } VH$  eingesetzt. Dies betrifft insbesondere Fahrzeuge, die im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) mit thermisch ungeschädigten Katalysatoren eine HC-Emission von  $< 0,07 \text{ g/km}$  und eine  $\text{NO}_x$ -Emission von  $< 0,05 \text{ g/km}$  erreichen.

Neben diesen direkteinspritzenden Ottomotoren, die bis zu einem effektiven Mitteldruck von etwa 3 bar sowie einer Drehzahl von etwa 3000 U/min im Schichtlademodus betrieben werden können, sind direkteinspritzende Ottomotoren bekannt, die nicht schichtladefähig sind oder nur in einem sehr eingeschränkten leerlaufnahen Bereich schichtladefähig sind (Alfa 2,0 JTS, The new Alfa Romeo 2 ltr JTS engine with Direct Gasoline Injection, 10. Aachener Fahrzeug- und Motorenkolloquium 2001). Auch diese Fahrzeuge und Motoren weisen analog zu schichtladefähigen direkteinspritzenden Ottomotoren relativ große Katalysatorvolumina auf.



Die großen Katalysatorvolumina bieten zwar einerseits eine hohe Emissionssicherheit, jedoch werden zur Herstellung der Katalysatoren bekanntermaßen Edelmetalle verwendet, so dass mit den großen Katalysatorvolumina nachteilhafterweise hohe Edelmetallkosten einhergehen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Verbrennungsmotoranlage mit einem direkteinspritzenden Ottomotor und einem Katalysatorsystem zu schaffen, die im Vergleich zu Verbrennungsmotoranlagen nach dem Stand der Technik bei vergleichbarer niedriger Emission geringere Herstellungskosten hinsichtlich des Katalysatorsystems aufweist.

Diese Aufgabe wird durch eine Verbrennungsmotoranlage mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen gelöst.

Erfindungsgemäß ist eine Verbrennungsmotoranlage vorgesehen, die einen direkteinspritzenden Ottomotor, der nicht oder nur zu einem geringen Anteil schichtladefähig ist, und ein dem Ottomotor nachgeordnetes Katalysatorsystem, das mindestens einen Katalysator besitzt, aufweist, bei der das Katalysatorsystem insgesamt ein Katalysatorvolumen (KV) von 0,8 bis 0,5 x Motorhubvolumen (VH) oder von 1,3 bis 0,7 l pro 100 kW Motornennleistung (PNENN) aufweist und bei der die mittlere spezifische Edelmetallbeladung des oder der Katalysator/en des Katalysatorsystems unter  $3,59 \text{ g/dm}^3$  ( $100 \text{ g/ft}^3$ ), vorzugsweise unter  $2,87 \text{ g/dm}^3$  ( $80 \text{ g/ft}^3$ ), ideal unter  $2,15 \text{ g/dm}^3$  ( $60 \text{ g/ft}^3$ ) liegt, wobei die gesamte Edelmetallmasse des oder der Katalysator/en unter 2 g, vorzugsweise unter 1,6 g, ideal unter 1,2 g; optimal unter 0,8 g pro Liter Motorhubraum (VH) oder unter 3,5 g, vorzugsweise unter 2,8 g, ideal unter 2,3 g, optimal unter 1,8 g pro 100 kW Nennleistung (PNENN) des Ottomotors liegt.

Trotz dieses geringen Katalysatorvolumens beziehungsweise dieser geringen Edelmetallbeladung werden mit der erfindungsgemäßen Verbrennungsmotoranlage die Emissionsgrenzwerte für EU IV erfüllt. Dies gilt insbesondere auch noch für gealterte Katalysatoren. Eine solche Alterung kann beispielsweise durch abwechselndes Beaufschlagen des Katalysators mit Abgasen aus einem mindestens 90%igen Volllastbetrieb und Schubabschaltung erreicht werden. Erfindungsgemäß wurden Untersuchungen mit gleichartigen Verbrennungsmotoranlagen vorgenommen, die sich hinsichtlich der Kraftstoffeinspritzung unterschieden. Zum einen wurden Messungen mit einem Saugrohreinspritzer, zum anderen Messungen mit direkteinspritzenden Ottomotoren vorgenommen. Dabei zeigte sich, dass die direkteinspritzenden Ottomotoren neben einer bis



zu 7 % höheren Nennleistung insbesondere geringere HC-Emissionen aufweisen konnten. Die geringeren HC-Emissionen wurden erreicht bei Vorliegen einer der nachfolgenden Spezifikationen:

- Die Einspritzdüse hat eine Einbaulage im Bereich  $-20^{\circ}$  bis  $+50^{\circ}$  bezogen auf den kreisförmigen Zylinderquerschnitt (negative Gradzahl entspricht Ausrichtung zum Zylinderkopf hin,  $0^{\circ}$  entspricht Ausrichtung parallel zum kreisförmigen Zylinderquerschnitt, positive Gradzahl entspricht Ausrichtung in Richtung Kurbelwelle).
- Die Mittellage des Einspritzstrahls am Injektoraustritt der Einspritzdüse hat einen Einspritzwinkel im Bereich  $-5^{\circ}$  bis  $-45^{\circ}$  oder  $70^{\circ}$  bis  $90^{\circ}$  bezogen auf den kreisförmigen Zylinderschnitt (Ausrichtung hier oben).
- Der Einspritzdruck beträgt mindestens 40 bar, vorzugsweise mindestens 60 bar. Vorzugsweise ist der maximale Einspritzdruck 2000 bar und insbesondere maximal 1000 bar.
- Der Einspritzbeginn erfolgt  $330^{\circ}$  bis  $150^{\circ}$  vor Zünd-OT, insbesondere  $280^{\circ}$  bis  $250^{\circ}$  vor Zünd-OT.

Mit diesen Spezifikationen wird einzeln oder auch in Kombination eine Einspritzung derart erreicht, dass der Kraftstoff genügend im Brennraum verteilt ist beziehungsweise nur geringe Wandfilmeffekte ausbildet. Hierdurch wird gegenüber dem Saugrohreinjection bei gleichartigem Katalysator auch nach Alterung des Katalysators eine bis zu 50 % geringere Emissionen, insbesondere bei HC-Emissionen, erreicht. Damit wird es möglich, direkteinspritzende Ottomotoren, insbesondere, wenn sie mindestens eine der obigen Spezifikationen erfüllen, mit den erfindungsgemäßen Katalysatorvolumen - beziehungsweise Katalysatoredelmetallbeladungsspezifikationen - zu versehen, wobei dennoch auch nach einer vorgeschriebenen Alterung im NEFZ die EU IV-Norm erfüllt wird.

Bevorzugt wird erfindungsgemäß ein Katalysatorvolumen (KV)  $< 0,7$  und insbesondere  $< 0,6$  x Motorhubvolumen (VH). Bei Bestimmung des Katalysatorvolumens (KV) über die Motornennleistung (PNENN) wird ein Katalysatorvolumen (KV) von  $< 1,15$  l, insbesondere von  $< 1,00$  l pro 100 kW Motornennleistung (PNENN), bevorzugt, wobei ein Katalysatorvolumen (KV) von  $< 0,85$  l pro 100 kW Motornennleistung (PNENN) optimal ist.



Die mittlere spezifische Edelmetallbeladung des oder der Katalysator/en des Katalysatorsystems beträgt vorzugsweise  $\leq 2,87 \text{ g/dm}^3$  ( $80 \text{ g/ft}^3$ ). Bei Vorhandensein von mindestens einem Vorkatalysator kann der/die Vorkatalysator/en eine um bis zu 70 %, vorzugsweise bis zu 50 %, optimal bis zu 30 %, höhere spezifische Edelmetallbeladung aufweisen als der/die Hauptkatalysator/en. Wobei vorzugsweise die gesamte Edelmetallmasse des Abgasreinigungssystems bevorzugt bei  $< 1,7$  Gramm, besonders bevorzugt bei  $< 1,4$  Gramm, optimal bei  $< 1,2$  Gramm, perfekt bei  $< 1,0$  Gramm, pro Liter Motorhubraum VH oder bevorzugt bei  $< 3$  Gramm, insbesondere bei  $< 2,5$  Gramm, optimal bei  $< 2,2$  Gramm, perfekt bei  $< 2$  Gramm, pro 100 kW Nennleistung des Ottomotors liegt.

Der direkteinspritzende Ottomotor ist in  $< 7$  %, insbesondere in  $< 5$  %, vorzugsweise in  $< 3$  %, optimal in 0 %, aller Betriebspunkte schichtladefähig. Bei dem Ottomotor handelt es sich bevorzugt um einen freisaugenden Motor.

Bei der Ausgestaltung des Katalysatorsystem sind vielfältige Variationen möglich. So kann ein einzelner Katalysator, mindestens zwei parallel angeordnete Katalysatoren, ein Hauptkatalysator mit mindestens zwei parallel angeordneten Vorkatalysatoren und parallel angeordnete Vorkatalysatoren mit parallel angeordneten Hauptkatalysatoren verwendet werden.

Bei Verwendung eines einzigen stromab des Ottomotors angeordneten Katalysators ist dieser vorzugsweise  $< 800 \text{ mm}$ , insbesondere  $< 500 \text{ mm}$ , optimal  $< 300 \text{ mm}$  Abgaslauflänge vom nächstgelegenen Auslassventil des Ottomotors entfernt. Das Katalysatorsystem kann aber auch zumindest zwei parallel geschaltete Katalysatoren aufweisen, welche jeweils  $< 800 \text{ mm}$ , bevorzugt  $< 500 \text{ mm}$ , optimal  $< 300 \text{ mm}$  Abgaslauflänge hinter dem jeweils nächstgelegenen Auslassventil angeordnet sind.

Bei einer anderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Verbrennungsmotoranlage weist das Katalysatorsystem einen Vorkatalysator und einen nachgeschalteten Hauptkatalysator auf, der vorzugsweise vom Vorkatalysator  $> 100 \text{ mm}$  beabstandet ist. Der Vorkatalysator ist vorzugsweise, analog zur Ausführungsform mit einem einzigen Katalysator,  $< 800 \text{ mm}$ , bevorzugt  $< 500 \text{ mm}$  Abgaslauflänge hinter dem nächstgelegenen Auslassventil angeordnet. Dabei weist der Vorkatalysator ein Volumen von maximal 70 %, vorzugsweise maximal 50 %, ideal maximal 30 % des nachgeschalteten Hauptkatalysators auf.



Erfindungsgemäß möglich ist auch eine Anordnung mit zumindest zwei parallel geschalteten Vorkatalysatoren, welche jeweils  $< 800$  mm, bevorzugt  $< 500$  mm, ideal  $350$  mm Abgaslauflänge hinter dem jeweils nächstgelegenen Auslassventil angeordnet sind, und zumindest einem diesen Vorkatalysatoren nachgeschalteten Hauptkatalysator. Dabei weisen die Vorkatalysatoren zusammen ein Volumen von maximal  $70\%$ , bevorzugt maximal  $50\%$ , des oder der nachgeschalteten Hauptkatalysator/en auf.

Bei Verwendung eines einzigen Katalysators oder bei Vorliegen von Vor- und Hauptkatalysatoren basieren der einzige Katalysator und der beziehungsweise die Hauptkatalysatoren vorzugsweise auf einem keramischen Träger. Dieser keramische Träger weist bevorzugt eine Zelldichte von  $> 500$  cpsi auf und das Produkt aus Zelldichte (in cpsi=Zellen pro Quadratzoll) und Zellwandstärke (in mil=tausendstel Zoll) liegt bei unter  $2700$ , entsprechend  $0,1063$  bei Umrechnung der Zelldichte auf Quadratmillimeter und der Zellwandstärke auf Millimeter.

Der oder die Vorkatalysatoren können alternativ einen Träger auf Metallfolienbasis aufweisen. Dieser weist bevorzugterweise eine Zelldichte von  $> 500$  cpsi auf und das Produkt aus Zelldichte (in cpsi=Zellen pro Quadratzoll) und Zellwandstärke (in my=tausendstel Millimeter) liegt bei unter  $30000$ , bevorzugt unter  $20000$ , entsprechend  $< 46,5$ , bevorzugt  $< 31$  bei Angabe der Zelldichte in Zellen pro Quadratmillimeter.

Die erfindungsgemäße Verbrennungsmotoranlage mit thermisch ungeschädigtem Abgasreinigungssystem gewährleistet trotz wesentlicher Reduzierung der Edelmetallkosten für das Katalysatorsystem vorteilhafterweise eine Emissionssicherheit nach dem Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ).

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 in einer schematischen Darstellung die Verbrennungsmotoranlage mit einem Katalysator;

Figur 2 in einer schematischen Darstellung die Verbrennungsmotoranlage mit einem Vorkatalysator und einem Hauptkatalysator;



Figur 3 in einer schematischen Darstellung die Verbrennungsmotoranlage mit zwei Vorkatalysatoren und einem Hauptkatalysator und

Figur 4 in einer schematischen Darstellung die Verbrennungsmotoranlage mit zwei Vorkatalysatoren und jeweils einem nachgeordnetem Hauptkatalysator.

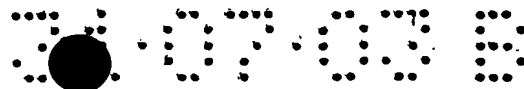
Die Figuren 1 bis 4 stellen jeweils eine erfindungsgemäße Verbrennungsmotoranlage 10 dar, die einen Ottomotor 12 mit nachgeordneter Abgasanlage 14 aufweist, wobei in der Abgasanlage 14 jeweils mindestens ein Katalysator zur Ausbildung eines Katalysatorsystems 16 befindlich ist.

Figur 1 zeigt eine Verbrennungsmotoranlage 10, die über einen einzigen motornahen Katalysator 18 verfügt, der optimalerweise < 300 mm Abgaslauflänge vom nächstgelegenen, nicht näher dargestellten Auslassventil des Ottomotors 12 angeordnet ist. Eine Verbrennungsmotoranlage 10, die über einen Vorkatalysator 20 und einen nachgeordneten Hauptkatalysator 22 verfügt, die mindestens 100 mm voneinander beabstandet sind, ist in Figur 2 dargestellt. Die Abgaslauflänge zum Vorkatalysator 20 vom nächstgelegenen Auslassventil des Ottomotors 12 wird äquivalent zur Ausführungsform gemäß Figur 1 gewählt. Bei der Ausführungsform der Verbrennungsmotoranlage 10 gemäß Figur 3 sind zwei Vorkatalysatoren 20 vorgesehen, die unterschiedlichen Zylindern des Ottomotors 12 zugeordnet sind. Beiden Vorkatalysatoren 20 ist gemeinsam ein Hauptkatalysator 22 nachgeordnet. Hingegen zeigt Figur 4 eine Ausführungsform der Verbrennungsmotoranlage 10, die analog zu Figur 3 zwei Vorkatalysatoren 20 aufweist, denen jedoch jeweils ein Hauptkatalysator 22 nachgeordnet ist, wobei die beiden Stränge 24, 26 der Abgasanlage 14 hinter den Hauptkatalysatoren 22 zusammengeführt werden. Die Abgaslauflängen und die Abstände der Vorkatalysatoren 20 zu den Hauptkatalysatoren werden, wie bei den anderen Ausführungsformen beschrieben, gewählt.

**BEZUGSZEICHENLISTE**

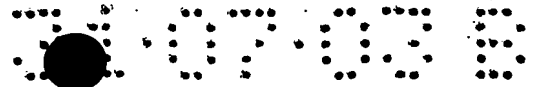
- 10 Verbrennungsmotoranlage
- 12 Ottomotor
- 14 Abgasanlage
- 16 Katalysatorsystem
- 18 Katalysator
- 20 Vorkatalysator
- 22 Hauptkatalysator
- 24 Strang der Abgasanlage
- 26 Strang der Abgasanlage





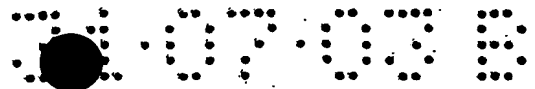
## PATENTANSPRÜCHE

1. Verbrennungsmotoranlage (10), die einen direkteinspritzenden Ottomotor (12), der nicht oder nur zu einem geringen Anteil schichtladefähig ist, und ein dem Ottomotor (12) nachgeordnetes Katalysatorsystem (16), das mindestens einen Katalysator (18) besitzt, aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Katalysatorsystem (16) insgesamt ein Katalysatorvolumen (KV) von unter  $0,8 \times$  Motorhubvolumen (VH) oder von unter  $1,3$  pro  $100 \text{ kW}$  Motornennleistung (PNENN) aufweist und dass die mittlere spezifische Edelmetallbeladung des mindestens einen Katalysators (18) des Katalysatorsystems (16) unter  $3,59 \text{ g/dm}^3$  liegt, wobei die gesamte Edelmetallmasse des mindestens einen Katalysators (18) unter  $2 \text{ g}$  pro Liter Motorhubraum (VH) oder unter  $3,5 \text{ g}$  pro  $100 \text{ kW}$  Nennleistung (PNENN) des Ottomotors (12) liegt.
2. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Katalysatorsystem (16) insgesamt ein Katalysatorvolumen (KV)  $< 0,7 \times$  Motorhubvolumen (VH) aufweist.
3. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Katalysatorsystem (16) insgesamt ein Katalysatorvolumen (KV)  $< 0,6 \times$  Motorhubvolumen (VH) aufweist.
4. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Katalysatorsystem (16) ein Katalysatorvolumen (KV) von  $< 1,15 \text{ l}$  pro  $100 \text{ kW}$  Motornennleistung (PNENN) aufweist.
5. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Katalysatorsystem (16) ein Katalysatorvolumen (KV) von  $< 1,00 \text{ l}$  pro  $100 \text{ kW}$  Motornennleistung (PNENN) aufweist.
6. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Katalysatorsystem (16) ein Katalysatorvolumen (KV) von  $< 0,85 \text{ l}$  pro  $100 \text{ kW}$  Motornennleistung (PNENN) aufweist.
7. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Katalysatorsystem (16) aus mindestens zwei parallel



angeordnete Katalysatoren (18) oder einem Hauptkatalysator (22) mit mindestens zwei parallel angeordneten Vorkatalysatoren (20) oder mindestens zwei parallel angeordneten Hauptkatalysatoren (22) mit jeweils zumindest einem Vorkatalysatoren (20) besteht.

8. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mittlere spezifische Edelmetallbeladung des mindestens einen Katalysators (18) des Katalysatorsystems (16)  $\leq 2,87 \text{ g/dm}^3$  beträgt.
9. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mittlere spezifische Edelmetallbeladung des mindestens einen Katalysators (18) des Katalysatorsystems (16)  $\leq 2,15 \text{ g/dm}^3$  beträgt.
10. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der oder die Vorkatalysator/en (20) eine um bis zu 70 % höhere spezifische Edelmetallbeladung aufweist als der oder die Hauptkatalysator/en (22).
11. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der oder die Vorkatalysator/en (20) eine um bis zu 50 % höhere spezifische Edelmetallbeladung aufweist als der oder die Hauptkatalysator/en (22).
12. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der oder die Vorkatalysator/en (20) eine um bis zu 30 % höhere spezifische Edelmetallbeladung aufweist als der oder die Hauptkatalysator/en (22).
13. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei  $< 1,6 \text{ g}$  pro Liter Motorhubraum (VH) des Ottomotors (12) liegt.
14. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei  $< 1,2 \text{ g}$  pro Liter Motorhubraum (VH) des Ottomotors (12) liegt.
15. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei  $< 1,0 \text{ g}$  pro Liter Motorhubraum (VH) des Ottomotors (12) liegt.



16. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei  $< 0,8$  g pro Liter Motorhubraum (VH) des Ottomotors (12) liegt.
17. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei  $< 3$  g pro 100 kW Nennleistung des Ottomotors (12) liegt.
18. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei  $< 2,5$  g pro 100 kW Nennleistung des Ottomotors (12) liegt.
19. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei  $< 2,1$  g pro 100 kW Nennleistung des Ottomotors (12) liegt.
20. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei  $< 1,7$  g pro 100 kW Nennleistung des Ottomotors (12) liegt.
21. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Katalysator (18) oder der mindestens eine Vorkatalysator (20)  $< 800$  mm Abgasauflänge vom nächstgelegenen Auslassventil des Ottomotors (12) entfernt sind.
22. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Katalysator (18) oder der mindestens eine Vorkatalysator (20)  $< 500$  mm Abgasauflänge vom nächstgelegenen Auslassventil des Ottomotors (12) entfernt sind.
23. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Katalysator (18) oder der mindestens eine Vorkatalysator (20)  $< 300$  mm Abgasauflänge vom nächstgelegenen Auslassventil des Ottomotors (12) entfernt sind.
24. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 7 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Vorkatalysator (20) und der mindestens



- eine nachgeschaltete Hauptkatalysator (22) zueinander einen Abstand von  $> 100$  mm aufweisen.
25. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 7 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Vorkatalysator (20) ein Volumen von maximal 70 % des mindestens einen nachgeschalteten Hauptkatalysators (22) aufweist.
  26. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 7 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Vorkatalysator (20) ein Volumen von maximal 50 % des mindestens einen nachgeschalteten Hauptkatalysators (22) aufweist.
  27. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 7 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Vorkatalysator (20) ein Volumen von maximal 30 % des mindestens einen nachgeschalteten Hauptkatalysators (22) aufweist.
  28. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass der oder die Katalysatoren des Katalysatorsystems (16) auf einem keramischen Träger basieren.
  29. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Katalysator (18) oder der mindestens eine Hauptkatalysator (22) auf einem keramischen Träger basieren.
  30. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 28 oder 29, **dadurch gekennzeichnet**, dass der beziehungsweise die auf einem keramischen Träger basierenden Katalysator/en (18) oder Hauptkatalysatoren (22) eine Zelldichte von  $> 500$  cpsi aufweisen und das Produkt aus Zelldichte (in cpsi=Zellen pro Quadratzoll) und Zellwandstärke (in mil=tausendstel Zoll) bei unter 2700 liegt, entsprechend 0,1063 bei Angabe der Zelldichte in Zellen pro Quadratmillimeter und Zellwandstärken in Millimeter.
  31. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 7 bis 30, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Vorkatalysator (20) einen Träger auf Metallfolienbasis aufweist.
  32. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 31, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Vorkatalysator (20) eine Zelldichte von  $> 500$  cpsi aufweist und das Produkt aus Zelldichte (in cpsi=Zellen pro Quadratzoll) und Zellwandstärke (in

my=tausendstel Millimeter) bei unter 30000 liegt, bevorzugt unter 20000 liegt, entsprechend unter 46,5, bevorzugt unter 31 bei Angabe der Zelldichte in Zellen pro Quadratmillimeter.

33. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ottomotor (12) in  $< 7\%$  aller Betriebspunkte schichtladefähig ist.
34. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ottomotor (12) in  $< 5\%$  aller Betriebspunkte schichtladefähig ist.
35. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ottomotor (12) in  $< 3\%$  aller Betriebspunkte schichtladefähig ist.
36. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ottomotor (12) freisaugend ist.



## ZUSAMMENFASSUNG

### **Verbrennungsmotoranlage mit direkteinspritzendem Ottomotor und einem Katalysatorsystem**

Die Erfindung betrifft eine Verbrennungsmotoranlage (10), die einen direkteinspritzenden Ottomotor (12), der nicht oder nur zu einem geringen Anteil schichtladefähig ist, und ein dem Ottomotor (12) nachgeordnetes Katalysatorsystem (16), das mindestens einen Katalysator (18) besitzt, aufweist.

Es ist vorgesehen, dass das Katalysatorsystem (16) insgesamt ein Katalysatorvolumen (KV) von unter  $0,8 \times \text{Motorhubvolumen (VH)}$  oder von unter  $1,3 \text{ pro } 100 \text{ kW Motor-nennleistung (PNENN)}$  aufweist und dass die mittlere spezifische Edelmetallbeladung des mindestens einen Katalysators (18) des Katalysatorsystems (16) unter  $3,59 \text{ g/dm}^3$  liegt, wobei die gesamte Edelmetallmasse des mindestens einen Katalysators (18) unter  $2 \text{ g pro Liter Motorhubraum (VH)}$  oder unter  $3,5 \text{ g pro } 100 \text{ kW Nennleistung (PNENN)}$  des Ottomotors (12) liegt.

(Fig. 1)

1/1

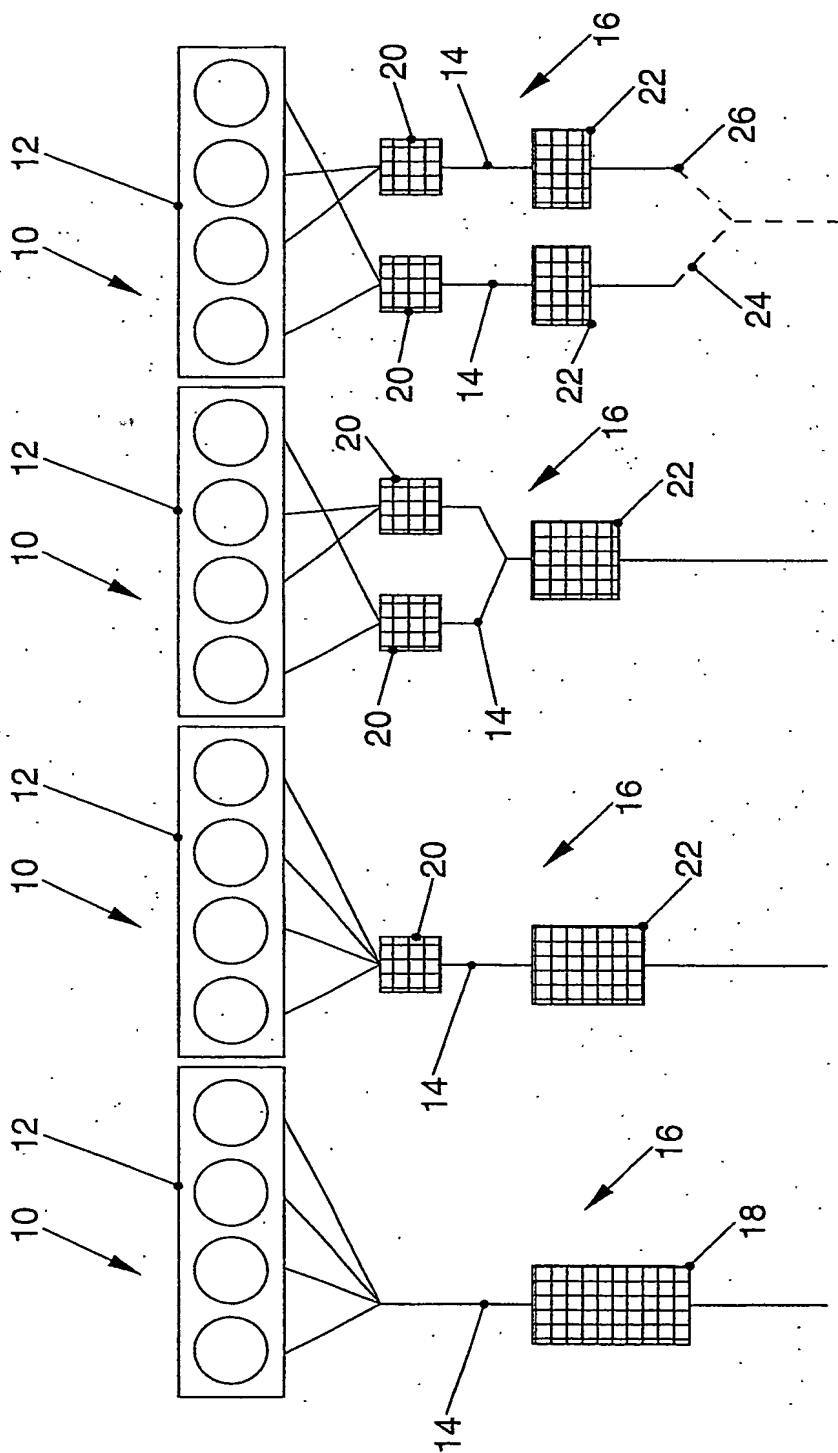


FIG. 1

FIG. 2

FIG. 3

FIG. 4

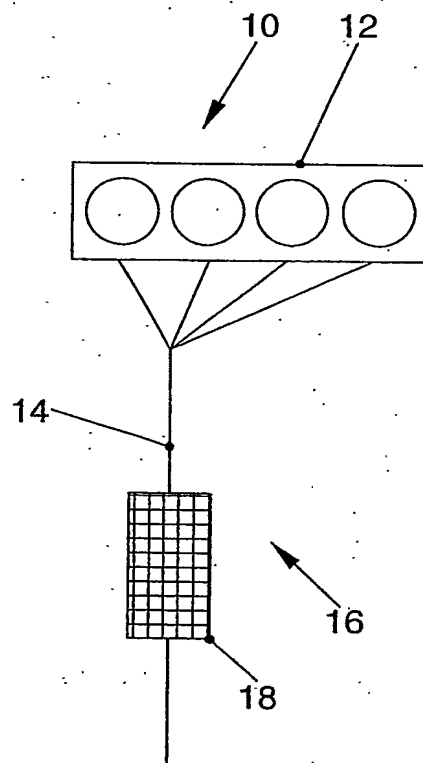


FIG. 1



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**